

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-164112  
 (43)Date of publication of application : 16.06.2000

(51)Int.Cl.  
 H01J 1/14  
 H01J 1/15  
 H01J 1/20  
 H01J 1/304  
 H01J 3/02  
 H01J 9/02  
 H01J 9/04  
 H01J 37/073

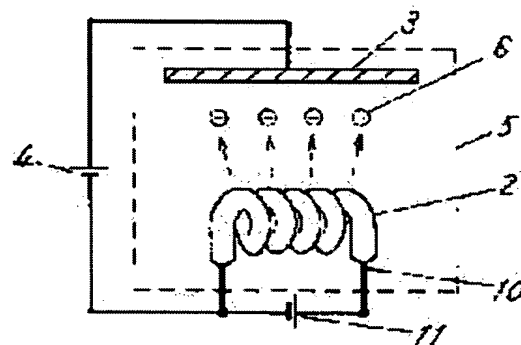
(21)Application number : 10-337149 (71)Applicant : MATSUSHITA ELECTRONICS INDUSTRY CORP  
 (22)Date of filing : 27.11.1998 (72)Inventor : SAKURAI HIROSHI

## (54) NEGATIVE ELECTRODE, MANUFACTURE OF NEGATIVE ELECTRODE AND ELECTRON GUN

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To efficiently emit electrons while emitting the electron at a low voltage impression, namely, a small intensity of electric field, and to stably control the current in a vacuum negative electrode using a carbon nano tube as an electron emitting material.

SOLUTION: A carbon nano tube 2 as an electron emitting material for vacuum negative electrode is heated by a heater 10 so as to emit the electron 6 into a vacuum vessel 5 for thermoelectric emission, or at the same time, electric field is added to an anode 3 for thermoelectric emission. Furthermore, in the case of using as an electron gun, the electron gun is formed of the vacuum negative electrode and a first electrode and a second electrode arranged opposite to the vacuum negative electrode and having an electron transmitting hole, and operated as a triode.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]  
 [Date of sending the examiner's decision of rejection]  
 [Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]  
 [Date of final disposal for application]  
 [Patent number]  
 [Date of registration]  
 [Number of appeal against examiner's decision of rejection]  
 [Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]  
 [Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2000-164112  
(P2000-164112A)

(43) 公開日 平成12年6月16日 (2000. 6. 16)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テマコード <sup>*</sup> (参考)
H 0 1 J	1/14	H 0 1 J 1/14	A 5 C 0 2 7
	1/15	1/15	C 5 C 0 3 0
	1/20	1/20	C
	1/304	1/30	F
	3/02	3/02	
審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 5 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願平10-337149

(22) 出願日 平成10年11月27日 (1998. 11. 27)

(71) 出願人 000003843

松下電子工業株式会社  
大阪府高槻市幸町1番1号

(72) 発明者 櫻井 浩

大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業  
株式会社内

(74) 代理人 10009/445

弁理士 岩橋 文雄 (外2名)

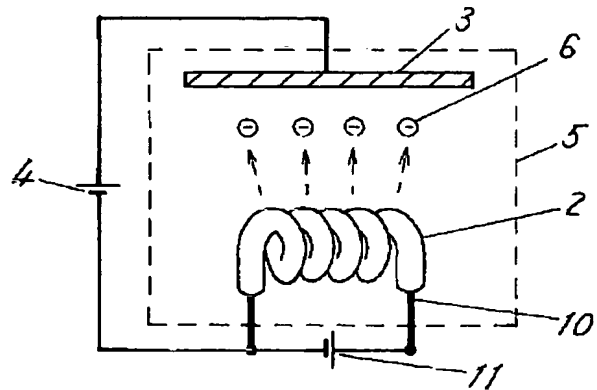
Fターム (参考) 50027 CC02 CC04 CC11  
50030 CC02

(54) 【発明の名称】 陰極、陰極の製造方法、電子銃

(57) 【要約】

【課題】 電子放射材料がカーボンナノチューブからなる真空用陰極において、できるだけ低い電圧印加すなわち小さい電界強度で電子放射させ、効率のよい電子放射を得るとともに、安定な電流制御を得る。

【解決手段】 真空用陰極の電子放射材料であるカーボンナノチューブ2をヒータ10で加熱して電子6を真空容器5中に熱電子放射させ、あるいは同時にアノード3で電界を加えて熱電界放射させる。さらに電子銃として用いる場合、このような真空用陰極と、これに対向し電子の透過孔を有する第一電極と第二電極とで構成し、トライオード動作させる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 電子放射材料がカーボンナノチューブからなる陰極において、前記カーボンナノチューブが加熱されて熱電子放射することを特徴とする陰極。

【請求項2】 前記カーボンナノチューブが加熱され、かつ電界を加えられて熱電界放射する、請求項1に記載の陰極。

【請求項3】 前記カーボンナノチューブがヒータ上に形成された、請求項1または2に記載の陰極。

【請求項4】 前記カーボンナノチューブが陰極用の基体上に形成され、前記基体が加熱される手段を備えた、請求項1から3のいずれかに記載の陰極。

【請求項5】 カーボンナノチューブを液体中に分散させて、ヒータ上または陰極基体上に塗布することを特徴とする陰極の製造方法。

【請求項6】 電子放射材料がカーボンナノチューブからなる陰極と、これに対向し電子の透過孔を有する電流制御用の第一電極と、前記電子の透過孔を通して前記陰極に電界を与える第二電極とで構成され、前記第一電極が前記陰極に対して電気的に負となるように電圧印加されてトライオード動作することを特徴とする電子銃。

【請求項7】 前記カーボンナノチューブがヒータ上に形成された、請求項6に記載の電子銃。

【請求項8】 前記カーボンナノチューブが陰極用の基体上に形成され、前記基体が加熱される手段を備えた、請求項6または7に記載の電子銃。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電子顕微鏡やCRTなどに用いられる陰極（真空用陰極）およびそれを用いた電子銃に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】電子放射材料がカーボンナノチューブからなる従来の真空用陰極の基本構成は、図4に示すように導電性の陰極基体1上にカーボンナノチューブ2が集合体として形成されてなり、動作に際してはアノード3がカーボンナノチューブ2に対向配置され、直流電源4によってカーボンナノチューブ2に対して正となるように電位が与えられる。その結果、カーボンナノチューブ2の集合体とアノード3との間の真空空間5に電界（図示せず）が形成され、カーボンナノチューブ2の集合体から電子6が引き出され、電子放射が維持される（特開平10-149760号公報）。このように電界の影響のみで電子が固体から真空中へ引き出される現象を電界放射と呼び、前記カーボンナノチューブは数〔V/ $\mu$ m〕程度の比較的小さい電界強度で電界放射が可能な電子放射材料として最近注目されはじめている（特公平7-92463号公報）。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】真空用陰極はできるだ

け低い電圧印加すなわち小さい電界強度で電子放射することが強く求められる。なぜならば、電子銃として実用に供するためには真空中に放射される電子の電流量や電子ビーム軌道を電界の変化によって制御する必要があり、電子放射するために最低限必要な電界が大きすぎるとこの制御が実用上困難になるからである。

【0004】前記の従来技術においては、カーボンナノチューブを電子放射材料とすることで比較的小さい電界強度での電子放射を可能としているが、まだ不充分であり、それを補うために陰極とアノードあるいは引き出し電極との間隔を極端に狭くするかアノードに高電圧を印加しなければならないという課題があった。また、電界放射の性質上、前記の印加電圧が閾値を超えると急激に電子放射が増加する特性があり、微妙な電流制御が難しいという課題があった。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】本発明の陰極は、電子放射材料がカーボンナノチューブからなる陰極において、前記カーボンナノチューブが加熱されて熱電子放射することを特徴とする（請求項1）。この構成によれば、カーボンナノチューブ内の電子が熱励起されるので、電界を印加しなくても電子放射が可能となる。

【0006】また、請求項1に記載の陰極において、前記カーボンナノチューブが加熱され、かつ電界を加えられて熱電界放射するものである（請求項2）。この構成によれば、カーボンナノチューブに熱のみを加えた場合に比べて、より多くの電子を効率よく真空中へ放射することができる。

【0007】また、請求項1または2に記載の陰極において、前記カーボンナノチューブがヒータ上に形成されたものである（請求項3）。この構成によれば、ヒータの両端に電圧を印加することにより、カーボンナノチューブを所望の温度に加熱することができる。

【0008】また、請求項1から3のいずれかに記載の陰極において、前記カーボンナノチューブが陰極用の基体上に形成され、前記基体が加熱される手段を備えたものである（請求項4）。この構成によれば、カーボンナノチューブを被着させる陰極基体の形状や材質を、加熱手段とは独立に設計できる。

【0009】また、本発明の陰極の製造方法は、カーボンナノチューブを液体中に分散させて、ヒータ上または陰極基体上に塗布するものである（請求項5）。この構成によれば、粉状のカーボンナノチューブをヒータ上または陰極基体上に所望の厚みに塗布することができる。

【0010】また、本発明の電子銃は、電子放射材料がカーボンナノチューブからなる陰極と、これに対向し電子の透過孔を有する電流制御用の第一電極と、前記電子の透過孔を通して前記陰極に電界を与える第二電極とで構成され、前記第一電極が前記陰極に対して電気的に負となるように電圧印加されてトライオード動作するもの

である（請求項6）。この構成によれば、第一電極によって電流制御をしても、第一電極に電流が流れ込まないので、陰極から放射された電子は100〔%〕第二電極以降に引き出すことができ、第二電極以降の電位を一定とすることができる。また、この構成では、熱陰極動作に限らず、冷陰極動作させることもできる。

【0011】また、請求項6に記載の電子銃において、前記カーボンナノチューブがヒータ上に形成されたものである（請求項7）。この構成によれば、ヒータの両端に所望の電圧を印加することによってカーボンナノチューブを所望の温度に加熱し、熱電子放射させることができるので、電子放射量を高めることができる。

【0012】また、請求項6または7に記載の電子銃において、前記カーボンナノチューブが陰極用の基体上に形成され、前記基体が加熱される手段を備えたものである（請求項8）。この構成によれば、加熱手段とは独立に陰極基体の形状や材質を設計できるので、第一電極や第二電極の電子光学的な設計に有利である。

【0013】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について説明する。

【0014】（実施の形態1）図1に示すように、本発明の陰極は、カーボンナノチューブ2からなる電子放射物質層がヒータ10上に形成されたものである。

【0015】この陰極の製造方法について説明する。粉状のカーボンナノチューブを、液体中に分散させてサスペンションとした後、ディップ法や電着法により、ヒータ10を被覆する形に塗布し乾燥させ、カーボンナノチューブ2の集合体とする。その後、これを真空容器5中に置き、ヒータ電源11によってヒータ10の両端に所望の電圧を印加して、カーボンナノチューブ2を約450〔℃〕で10分程度加熱して不純物を蒸発させ、常温に戻す。

【0016】次に、動作原理について説明する。前記の工程の後、ヒータ電源11の電圧を再び上げるとカーボンナノチューブ2の温度上昇（50～2000〔℃〕程度）にともなって、電界を印加しなくても電子6が真空容器5中に熱電子放射される。

【0017】この状態で実用に供することも可能であるが、さらに電子の放射効率を高めたい場合には、アノード3を図1に示すとおりカーボンナノチューブ2に対して約1〔mm〕の距離に配置し、カーボンナノチューブ2に対して正となるように電位（1～1000〔V〕程度）を与える。その結果、熱と電界が同時にカーボンナノチューブに印加され、小さい電界できわめて高い放射効率の熱電界放射が生じる。たとえば、カーボンナノチューブが100〔℃〕でアノード電位が1000〔V〕の場合、放射電流密度は、アノード3がない場合の0.02〔A/cm<sup>2</sup>〕程度から2〔A/cm<sup>2</sup>〕程度まで向上するので、現実の真空用陰極に使用するのに十分であ

る。

【0018】（実施の形態2）図2に示すように、本発明の第2の実施の形態の真空用陰極は、カーボンナノチューブ2からなる電子放射物質層が陰極用の基体1上に形成され、基体1が加熱される手段であるヒータ10を備える。

【0019】第1の実施の形態と同様に、粉状のカーボンナノチューブ2を液体中に分散させたサスペンションを用意し、これを図2に示す陰極基体1上にディップ法や電着法により被覆する形に塗布し乾燥させる。その後、これを真空容器5中に置き、ヒータ電源11によってヒータ10の両端に所望の電圧を印加して、陰極基体1を加熱し、熱伝導によって陰極基体1上のカーボンナノチューブ2を約450〔℃〕で10分程度加熱して不純物を蒸発させる。

【0020】動作原理については第1の実施の形態と同様であるが、異なる点は、第1の実施の形態ではカーボンナノチューブ2をヒータ10で直接加熱するのに対し、第2の実施の形態ではヒータ10で陰極基体1を一旦加熱し、間接的に陰極基体1上のカーボンナノチューブ2を加熱している点である。

【0021】本実施形態によれば、第1の実施の形態1に比べて、陰極基体の形状や材質を加熱手段であるヒータとは独立に設計でき、たとえばカーボンナノチューブとアノードの距離を均一にできるなどの電子光学的な設計で有利となる。

【0022】（実施の形態3）本発明の第3の実施の形態である電子銃について説明する。

【0023】図3に示すように、電子放射材料がカーボンナノチューブ2からなる陰極と、これに対向し電子の透過孔を有する電流制御用の第一電極12と、電子の透過孔を通して陰極に電界を与える第二電極13とで構成され、第一電極12が陰極に対して電気的に負となるように電圧印加されてトライオード動作するものである。

【0024】この電子銃は、第2の実施の形態の真空用陰極を用い、図3のように真空容器5中に新たに直径400〔μm〕程度の孔の空いた、厚さ70〔μm〕の円盤状の第一電極12と、これと同様の形状の厚さ400〔μm〕の第二電極13とを設けてトライオード型の電子銃としたものである。第一電極12とカーボンナノチューブ2の先端との距離は50〔μm〕程度、第一電極12と第二電極13との間隔は200〔μm〕程度とする。

【0025】動作については、2通りの動作モードが可能である。まず、1つめの動作モードは、カーボンナノチューブを加熱せずに冷陰極として動作させるモードである。ヒータ10に電流を流さず陰極基体1およびカーボンナノチューブ2を常温とする。この状態で第一電極12にカーボンナノチューブ2に対して-100〔V〕程度の負の電位を第一電極電源14によって与え、第二

電極13にはカーボンナノチューブ2に対して+1〔kV〕程度の正の電位を第二電極電源15によって与える。次に、第一電極12の電位を徐々に0〔V〕へ近づけていくと、第二電極13の電位が形成する電界が第一電極12の孔を通してカーボンナノチューブ2に到達し、カーボンナノチューブ2から電界放射によって電子ビーム16が真空容器5中に引き出される。電子ビーム16は第一電極12の孔および第二電極13の孔を透過して、電子銃として動作する。したがって、この場合はヒータ10およびヒータ電源11は不要となる。

【0026】次に、2つめの動作モードは、実施の形態1または2に示した陰極を用いた、熱陰極動作させるモードである。基本的な動作は前述の1つめの動作モードと同じであるが、異なる点は、ヒータ電源11によってヒータ10に電流を流し、陰極基体1を加熱するとともに熱伝導によって陰極基体1上のカーボンナノチューブ2を適当な温度（50～2000〔℃〕程度）まで加熱する点である。こうすることによって、同じ動作条件でも電子ビームの電流量は1つめの動作モードより1～2桁大きくすることができ、なおかつ電界放射特有の急激な電流増加を滑らかに制御できるようになる。これは、アノードのみで制御するダイオード動作の場合にはアノード電圧を変化させるのでしきい値を越えると電流値が突然上昇するのに対し、トライオード動作では、第一電極の電位で電流制御するが、電界を与える第二電極電位は一定であり、電流上昇を比較的緩やかに制御できるからである。また、制御電極に電流が流れ込まず、ドライブの電力消費が少ないのも利点である。

【0027】なお、以上に説明した実施の形態は代表的なものであり、カーボンナノチューブ2は粉状ではなく一塊のペレット状のものを陰極基体1状に被着してもよいし、針状のものをを用いてもよく、これ以外にも形状に制限はない。

【0028】また、真空中でカーボンナノチューブ2を加熱して不純物を蒸発させる工程は必ずしも必要ではな

いし、加熱温度や加熱時間にも特に制限はない。第2の実施の形態における陰極基体1の加熱手段としてはヒータ10に限らず、高周波加熱やレーザ加熱など自由に選んでよい。第3の実施の形態における第一電極12と第二電極13の形状は円盤に限らず四角い板でもよいし、厚み方向に加工された三次元形状でも可能である。また、第2の実施の形態に使用する真空用陰極は実施の形態1でも可能である。

#### 【0029】

【発明の効果】以上説明した通り、本発明によると、電子放射材料がカーボンナノチューブからなる真空用陰極において、前記カーボンナノチューブが加熱されて熱電子放射するようにし、あるいは同時に前記カーボンナノチューブが電界を加えられて熱電界放射するようにし、効率のよい電子放射を得ることができる。さらにこのような真空用陰極と、これに対向し電子の透過孔を有する電流制御用の第一電極と、前記電子の透過孔を通して前記陰極に電界を与える第二電極とで構成され、前記第一電極が前記陰極に対して電氣的に負となるように電圧印加されてトライオード動作させることで、安定な電流制御を得る事ができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態の陰極を模式的に示す図

【図2】本発明の第2の実施の形態の陰極を模式的に示す図

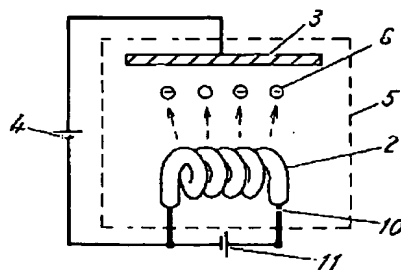
【図3】本発明の第3の実施の形態の電子銃を模式的に示す図

【図4】従来の陰極を模式的に示す図

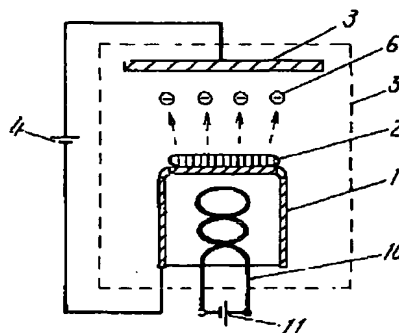
#### 【符号の説明】

- 1 陰極基体
- 2 カーボンナノチューブ
- 10 ヒータ
- 12 第一電極
- 13 第二電極

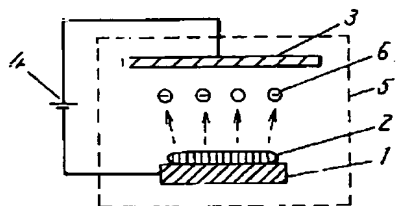
【図1】



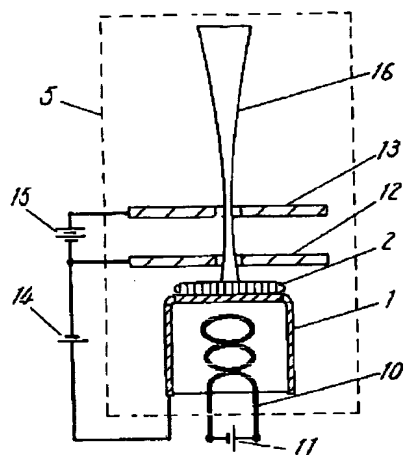
【図2】



【図4】



【図3】



フロントページの続き

(51)Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	(参考)
H O 1 J	9/02	H O 1 J	B
	9/04		D
	37/073		